

Az ásványi tápanyagok hatása a talajmikroflóra

ZS. VOJNOVA-RAJKOVA

„Puskarov” Talajtani és Termésprogramozó Intézet, Szófia

Az ásványi tápanyagok közül a nitrogén van kitéve leginkább a biológiai transzformációnak. A talajba vitt nitrogénműtrágyák jelentős része (30–60%) kontaktusba kerül a mikroorganizmusokkal, beépül azok testébe vagy denitrifikálódik. Ezeknek a folyamatoknak az intenzitása, amelyek csökkentik a műtrágyázás hatékonyságát, részben a talajtípusnak, másrészt pedig különböző ökológiai tényezőknek a függvényei [2, 3, 5, 8].

Jelen dolgozatunkban célul tűztük ki a nitrogénnel kapcsolatos talajbiológiai folyamatok paramétereinek kimutatását. Ez szükségessé teszi azoknak a feltételeknek a megállapítását, amelyek között a biológiai tényezők kedvezően befolyásolják a N műtrágyák gazdaságos hasznosulását.

Szabadföldi, tenyészedény és modellkísérletekben folytattuk le vizsgáltuk a mikrobiológiai mutatók változását a különböző műtrágyadózisok valamint a hőmérsékleti és nedvesséviszonyok hatására néhány bulgáriai talajtípusban.

A szabadföldi vizsgálatoknál az alkalmazott műtrágyadózisok az alábbiak voltak: N 180 kg/ha, P_2O_5 140 kg/ha, KCl 120 kg/ha. A tenyészedény és modellkísérleteknél 400 mg N, P, K hatóanyagot alkalmaztunk 1 kg talajra számítva. A modellkísérleteknél szalmát és lucernaszénát használtunk fel 1%-nyi mennyiségben a talaj súlyához viszonyítva. A mikroflóra mennyiségét MISUSZTIN módszerével határoztuk meg. Az ammonifikációs és nitrifikációs aktivitás kimutatása WAKSMAN (In [1]) módszerével történt. A mikrobiális biomassza értékelésénél HUDJAKOV (In [9]) eljárását alkalmaztuk, míg a nitrogén biológiai immobilizációjánál GHOSHAL [4] módszerét használtuk fel azzal a különbséggel, hogy glukóz helyett növényi szerves anyagot kevertünk a talajhoz. Az ureáz aktivitást HOFFMAN és TEIEHER módszerével, az invertáz aktivitást SEEGER szerint, a kataláz aktivitást SCSEBAKOV után, a proteáz aktivitást pedig KUPREVICS és SCSEBAKOV módszerével mutattuk ki (In [6]).

A kísérletbe vont talajok legfontosabb fizikai és kémiai adatai az 1. táblázatban láthatók [7].

Eredmények

A csernozjom barna erdő- és szmolnica talajok nagy számú és kedvező összetételű ammonifikáló mikroflórával jellemezhetők. A szürke erdőtalajokra a barna podzolos (pszeudopodzolos) és más talajtípusokra, amelyeknek a humusztartalma és pH-ja alacsony (pH 6 alatt), jellemző az ammonifikáló mikro-

1. táblázat
A vizsgált talajok legfontosabb fizikai és kémiai adatai

(1) A talajtípus	pH (KCl)	(2) Leiszapol- ható rész	(3) Fizikai agyag	(4) Humusz	(5) Összes	
					N	P
					%	
a) Csernozjom	6,9	28,4	45,6	2,43	0,14	0,19
b) Szmolnics	6,8	53,3	72,4	3,82	0,26	0,14
c) Pszeudopodzolos barna talaj	4,5	8,7	22,1	1,11	0,06	0,11
d) Szürke erdőtalaj	3,9	22,4	54,0	1,47	0,12	0,11

flóra alacsony száma, valamint a spórát képző fajok magas aránya az össz-mennyiségben belül [8].

Foszfor és káli alapon a nitrogén műtrágyák (NH_4NO_3 és karbamid) bevitele csökkenti az ammonifikáló baktériumok mennyiségét a kísérlet első két hetében a trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva, azaz gátolja azokat a biológiai folyamatokat, amelyek a talaj szerves nitrogénjének mobilizációjára irányulnak, különösen a nehéz fizikai tulajdonságú talajokban (2. táblázat). A kísérleti eredmények jelzett ^{15}N -izotóp alkalmazásával is igazolást nyertek [2, 8]. Ugyanezen periódusban az ásványi N-t értékesítő mikroflóra mennyisége erősen megnövekedett és a mineralizációs koefficiens értékei csökkentek (3. táblázat). A cellulózbontó mikroorganizmusok mennyisége 25%-os növekedést mutatott a műtrágyázás hatására, míg a CO_2 produkció 32%-al emelkedett a kontrollhoz viszonyítva. A műtrágyázás megnöveli a felvehető N-t értékesítő mikroorganizmusok számát, amelyek részt vesznek a N biológiai immobilizációjában. Az adatok az alapvető talajtípusokon hasonlóak egymáshoz.

A műtrágyázásos NPK modellkísérletek, amelyeket 40, 60 és 80%-os nedvességtartalom mellett (a max. vízkapacitás %-ában) állítottunk be 4, 15 és 25 °C-os hőmérsékleti körülmények között, azt mutatták, hogy a szerves N-vegyületeket mineralizáló (ammonifikáló) baktériumflóra 60%-os vízkapacitás mellett növekszik legintenzívebben.

Azok a baktériumok, amelyek fejlődésük során elsősorban ásványi N-forrásokat igényelnek, 40% nedvességtartalom mellett szaporodnak leginkább. Az ammonifikáló baktériumok szaporodásának hőmérsékleti optimuma 15 °C körül van. A 4 °C hőmérséklet mellett megfigyelhető volt azoknak a mikroorganizmusoknak viszonylagos mennyiségi növekedése az össz-mikroflórán belül, amelyek elsősorban felelősek a N biológiai immobilizációjáért.

A szerves nitrogén mineralizációját végző mikroorganizmusok mennyiségi alakulása, valamint az immobilizáció gyorsasága pozitív korrelációban van a műtrágyák felhasználásának intenzitásával [2, 8]. Az NH_4NO_3 és karbamid műtrágyák alkalmazása során a mikroorganizmusok maximális mennyisége 60% vízkapacitás mellett 15 °C-os hőmérsékleti viszonyok között mutatható ki. Alacsony pH és hőmérséklet mellett a műtrágyák hatásfoka csökken az intenzív N-immobilizáció eredményeképpen.

A műtrágyák alkalmazásának eredményeképpen — amint a 4. táblázatból látható — a bakteriális biomasza megnövekszik, csernozjom talajban 14 tonnás, barna podzolos talajban pedig 8 tonnás értékeket is elérhet egy hektár-ra számítva. A biomasza 60%-os nedvességtartalom mellett a legnagyobb.

2. táblázat

A szerves és ásványi N-forrásokat hasznosító baktériumok mennyiségi alakulása a pszeudopodzolos barna talajban a trágyázás, a nedvességtartalom és a hőmérsékletváltozás (°C) hatására (millió/g talaj)

(1) Kezelés és a vizsgálat ideje napokban	(2) Vízkapacitás								
	40%			60%			80%		
	4°	15°	25°	4°	15°	25°	4°	15°	25°
A) Műtrágyázás nélkül									
15	3,6 0,6	7,2 5,2	6,3 3,7	3,4 3,7	5,2 3,2	2,9 3,1	8,2 2,6	19,0 15,8	7,2 6,0
30	2,3 3,5	3,3 8,2	6,0 4,8	10,4 7,7	3,0 10,8	3,7 4,0	2,8 3,2	3,9 5,2	7,9 7,9
45	8,8 12,4	17,7 18,8	15,3 14,3	15,8 18,1	6,4 3,9	5,8 2,9	11,4 10,3	25,6 12,0	17,1 8,8
60	33,6 4,8	30,8 10,3	17,6 2,4	37,5 5,7	8,6 3,8	9,6 1,2	22,2 4,9	13,8 2,6	11,6 6,6
a) Átlag	12,8 5,3	14,8 10,6	11,3 6,3	16,0 8,8	5,8 5,4	5,5 2,8	11,2 5,3	15,6 8,9	11,0 7,3
B) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{P} + \text{K}$									
15	2,4 2,0	2,6 1,1	2,4 1,5	1,9 2,7	5,0 2,7	4,1 1,7	2,6 2,5	2,5 2,9	2,3 3,1
30	5,4 7,1	5,0 3,2	1,8 4,1	4,0 4,8	4,8 3,6	3,2 6,8	3,0 6,6	4,6 4,1	5,2 4,5
45	10,2 3,8	21,0 6,7	6,8 2,8	11,9 7,5	10,2 6,5	6,8 9,5	35,9 6,9	18,8 8,9	2,6 12,2
60	21,6 4,2	14,3 1,3	18,2 2,5	25,0 7,1	18,6 4,6	16,8 3,3	15,2 4,6	11,0 3,9	31,1 2,1
a) Átlag	9,9 4,3	10,7 3,1	7,3 2,7	10,7 5,5	12,1 4,4	7,7 5,3	14,2 5,1	9,2 5,0	10,3 5,5
C) Karbamid + P + K									
15	10,4 4,4	6,2 5,2	5,7 2,6	5,4 6,2	5,5 4,3	6,6 3,9	3,8 11,9	7,4 5,1	7,1 6,0
30	5,5 1,4	3,8 2,8	5,4 3,4	9,4 2,6	3,7 3,6	4,1 2,7	4,5 3,7	5,3 2,3	4,8 3,0
45	5,2 4,5	5,0 2,0	6,3 3,3	8,4 2,7	7,2 3,2	4,0 3,1	3,8 4,6	4,1 1,5	2,5 1,1
60	6,1 4,6	7,4 2,6	7,4 6,4	8,1 14,5	3,6 1,0	9,8 6,1	3,5 4,7	3,0 8,2	2,2 3,6
a) Átlag	6,8 3,7	5,6 3,2	6,2 4,0	7,8 6,5	5,0 3,0	6,1 4,0	3,9 6,2	5,0 4,3	4,2 3,4

A számlálóban az ásványi nitrogént hasznosító baktériumok, a nevezőben az ammonifikáló baktériumok száma van feltüntetve.

3. táblázat
Mineralizációs koefficiens*

(1) Vízkapacitás % és hőmérséklet °C	(2) Karbonátos csernozjom			(3) Pseudopodzolos barna talaj		
	(4) Kezelések					
	PK	PK + NH ₄ NO ₃	PK + karbamid	PK	PK + NH ₄ NO ₃	PK + karbamid
40%						
4°	3,1	2,6	1,9	2,4	2,3	1,8
15°	2,1	1,3	0,9	1,4	3,5	1,8
25°	2,8	1,9	0,7	1,8	2,7	1,6
60%						
4°	3,0	1,0	1,2	1,8	1,9	1,2
15°	2,6	2,2	1,2	1,1	2,8	1,7
25°	1,9	1,4	0,8	2,0	1,5	1,5
80%						
4°	1,9	2,3	0,7	2,1	2,3	0,6
15°	1,9	1,4	0,7	1,8	1,8	1,2
25°	1,2	1,4	0,8	1,5	1,9	1,2

*A szerves és ásványi nitrogénforrásokat hasznosító baktériumok egymáshoz viszonyított aránya.

Amennyiben a nedvességtartalmat a maximált vízkapacitás 80%-ára növeltük, a csernozjom talajban a baktériumszám 13%-os csökkenését tapasztaltuk a 60% nedvességet tartalmazó variánshoz viszonyítva, míg a barna talajok vonatkozásában 20%-os volt a csökkenés. Amennyiben a talajhőmérsékletet 4 °C-ról 15 °C-ra emeljük, a csernozjom talajban a biomassa 33%-kal emelkedik, 25 °C-on pedig 25%-al magasabb a 4 °C-on kimutatott csíraszámhoz viszonyítva. Optimális biomaszatömeg a vizsgált talajok többségénél műtrágyázásos körülmények között jön létre 160–220 kg nitrogén alkalmazása mellett. A hőmérsékleti optimum a mikroorganizmusok mennyiségi alakulása szempontjából 15 °C, a nedvességtartalom pedig 60%-os. Ilyen körülmények között egy vegetációs időszak során a biomassa 50–150 kg N, 5–25 kg P₂O₅ és 6–15 kg K₂O épülhet be, 1 ha területre számítva.

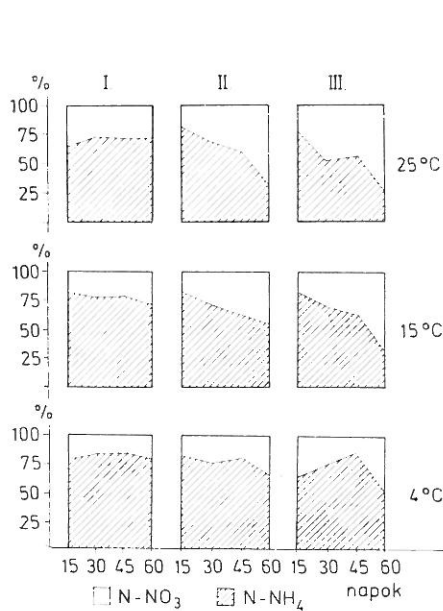
A vizsgált talajok ammonifikációs és nitrifikációs aktivitása 6,4–7,8 pH mellett a legnagyobb. A nitrifikációs folyamatok 4 °C-tól 25 °C-os talajhőmérsékletig egyenletesen növekednek (1. ábra). Hasonló hatást vált ki a nedvességtartalom emelése a teljes vízkapacitás 40–80%-a között. A hőmérséklet és kisebb fokban a nedvességtartalom növelése növeli a nitrátfelhalmozódást a savanyú kémhatású, pseudopodzolos és szürke erdőtalajokban.

Megállapítottuk, hogy a csernozjom és barna erdő talajokban az immobilizáció igen intenzív és a műtrágyával bevitt N mintegy 40%-a épül be a mikrobák sejtjeibe. A gyengébb biológiai aktivitással rendelkező talajokban (szürke erdőtalaj, pseudopodzolos barna talaj) a tápanyagok biológiai immobilizációja jóval gyengébben megy végbe. A nedvességtartalom növelése 40–80% között csak kis mértékben fokozza az immobilizációt (5. táblázat), azaz a nedvességtartalom változásának hatása jóval gyengébb. A hőmérsékleti értékek emelése következtében 15 °C-tól 25 °C-ig a biológiai immobilizáció csak gyengén növekedik, de 4 °C-on a csökkenés nem nagymértékű (6. táblázat).

4. táblázat
A baktériumok biomasszája a csernozjom talajban
(kg/ha)

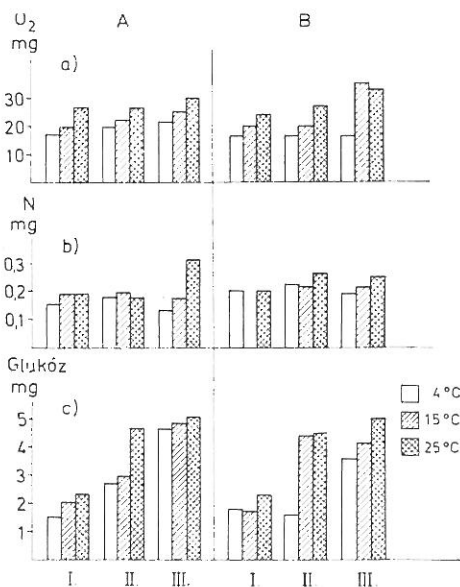
(1) Kezelések és vízkapacitás %	(2) Bakteriális biomassza	(3) Tartalom a biomasszában		
		N	P	K
A) Műtrágya nélkül				
40%	4 800	58	22	1,4
60%	4 520	54	20	1,3
80%	5 500	66	25	1,7
B) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{P} + \text{K}$				
40%	7 300	88	33	2,2
60%	7 890	95	36	2,4
80%	5 780	69	26	1,7
C) Karbamid + P + K				
40%	12 900	155	58	3,9
60%	14 270	171	64	4,8
80%	16 740	201	75	5,0

A hőmérséklet és nedvességtartalom a műtrágyázás hatására lényeges mértékben befolyásolja a talajenzimológiai folyamatokat. A biológiailag aktív talajokban különösen az invertáz, kataláz és ureáz aktivitás magas. A nitrogén-műtrágyák serkentik az invertázaktivitást és csökkentik a katalázaktivitást.



1. ábra

A hőmérséklet és nedvességtartalom hatása a talaj ammonifikációjára és nitrifikációjára. Maximális vízkapacitás %-ai: I. 40%; II. 60%; III. 80%. Vízszintes tengely: napok száma



2. ábra

A kataláz, ureáz és invertáz aktivitás különböző hőmérsékleti és nedvességi viszonyok között. A) 40% max. vízkapacitás; B) 60–80%. a) Invertáz; b) Ureáz; c) Kataláz. Kezelések: I. NPK; II. NPK + szalma. III. NPK + lucerna széna

5. táblázat

A nitrogén beépülése a nedvesség hatására
(A talaj és a műtrágya nitrogénjének %-ában)

(1) Talajtípus	(2) Vízkapacitás					
	40%	80%	40%	80%	40%	80%
	A) Trágyázatlan		B) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{P} + \text{K}$		C) Karbamid + P + K	
a) Karbonátos csernozjom	8	7	24	33	23	24
b) Kilúgzott csernozjom	6	10	37	21	12	24
c) Kilúgzott barna talaj	4	5	9	19	15	20
d) Világosszürke erdei talaj	1	1	36	25	27	15

Az invertázaktivitást a karbamid serkenti leginkább. A vizsgált talajok nedvességtartalmának változása 40–80%-os vízkapacitási értékek között csak gyengén befolyásolja az enzimaktivitást. A hőmérsékleti értékek változása viszont lényeges befolyást fejt ki a talajenzimek aktivitására (2. ábra), a

6. táblázat

A nitrogén beépülése a hőmérséklet hatására
(A talaj és a műtrágya nitrogénjének %-ában)

(1) Talajtípus	(2) Hőmérséklet °C					
	4°	15°	25°	4°	15°	25°
	A) Trágyázatlan			B) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{P} + \text{K}$		
a) Karbonátos csernozjom	8	7	8	14	25	28
c) Barna podzolos (pszeu- podzolos talaj)	1	1	13	13	25	21

hőmérséklet emelése számottevően fokozza az invertáz és kataláz enzimek aktivitását, az ureáz aktivitásra kifejtett hatása gyengébb. Az invertáz enzim aktivitását erősen fokozzák a talajba vitt növényi anyagok is.

Ebből következik, hogy a műtrágyák alkalmazása alacsony hőmérsékleti körülmények között kedvező a biológiai immobilizáció szempontjából. Ezért az őszi és kora tavaszi műtrágyázást követően nem kell tartani a nitrogénvegyületek kimosódásától, mivel a nitrifikáció meglassul, az immobilizáció pedig viszonylag intenzív. A kitavaszkodással párhuzamosan a hőmérséklet emelkedése kedvező talajnedvességi körülmények között rendkívül erősen fokozza a mineralizációt. Ilyenképpen azoknál a talajoknál, amelyek biológiai-lag aktívak, a nitrogénműtrágyázás legkedvezőbb időpontja az őszi.¹

Összefoglalás

1. A műtrágyázás során a hőmérséklettől és a nedvességtartalomtól függően változik a talaj mikroorganizmusainak mennyisége és összetétele. A mineralizációs folyamatokért felelős mikroflóra 15 °C hőmérséklet és 60% nedvességtartalom mellett szaporodik leginkább. Azok a mikroszervezetek,

amelyek az ásványi nitrogén immobilizációjában vesznek részt, széles hőmérsékleti (4–25 °C) és nedvességi (40–80%) viszonyok között szaporodnak.

2. Az ammonifikációs aktivitás viszonylag magas nedvességtartalom (60–80%) mellett a legerősebb függetlenül a hőmérséklettől. A karbamid ammonifikációja az év minden szakában végbemegy. A nitrifikációs aktivitás a hőmérséklet növekedésével (4–25 °C között) az összes talajtípusban fokozatosan növekszik. Az ammóniumsók nitrifikációja akkor a legerősebb, amennyiben magas hőmérsékleti körülmények között kerülnek a talajba.

3. A felvehető nitrogénvegyületek (mind a talaj, mind pedig a műtrágya nitrogén) biológiai immobilizációja alacsony hőmérsékleti körülmények között a legintenzívebb. A nitrogénműtrágyák őszi és téli alkalmazásakor a kimosódás veszélye nem áll fenn Bulgária viszonyai között az erős biológiai immobilizáció és az alacsony nitrifikációs aktivitás következtében.

4. Az invertáz és kataláz aktivitás növekszik a hőmérséklet emelkedésével és növényi maradványok talajbavitelével. Az ureáz csak gyengén változik a hőmérséklet és a nedvességtartalom függvényében. Ez a karbamid mineralizációjának folytonosságát mutatja az év minden szakában.

Irodalom

- [1] ALLEN, O. N.: Experiments in soil bacteriology. 3. Ed. Burgess. Minneapolis. 1957.
- [2] Azot v zemledelii necsernozernoj poloszu. Ed.: SZAPOZNIKOV, N. A. Izd. Kolosz. Moszkva. 1973.
- [3] COOK, G. W.: The control of soil fertility. Crosby Lockwood & Son. London. 1967.
- [4] GHOSHAL, S.: Remineralization aspect of newly immobilized native and fertilizer phosphorus in soil. Acta Agric. Scand. 25, 209–215. 1975.
- [5] DINCSEV, D. et al.: Izsledovanija v' rhu prevr'sesanijata na azota v pocsvoto i uszvojabaneto mu ot rasztenijata sz pomosesta na sztobilnija izotop na azota (N¹⁵). Raszteniev'dni Nauki. (7) 105–115. 1964.
- [6] HAZIEV, F. H.: Fermentativnaja aktivnoszt pocsv. Izd. Nauka. Moszkva. 1976.
- [7] NINOV, H., JOLEVSKY, M. & KUKULAROV, P.: Ekologicsna karakterisztika na opitnite poleta. Inszt. po pocsvoznanie i agrohimiija „N. Puskarov”. Szofia. 1975.
- [8] VOJNOVA—RAJKOVA, Zs.: Mikroflora, szv'rzana sz azota v pocsvata. Zemizdat. Szofia. 1977.
- [9] Voproszu csiszlennoshti biomasszu i produktivnoshti pocsvennih mikroorganizmov. Izd. Nauka. Leningrad. 1972.

Érkezett: 1979. július 16.

Effect of the Mineral Nutrients on the Microflora of the Soil

ZS. VOJNOVA—RAJKOVA

Institute for Soil Science and Yield Programming „Pushkarov”, Sofia (Bulgaria)

Summary

1. Influenced by fertilization and depending on soil temperature and the degree of soil humidity vary the number and the composition of microorganisms in the soil. The microflora responsible for the mineralisation processes multiplies in the highest degree at a temperature of 15 °C and a humidity of 60%. Those microorganisms causing the immobilisation of the mineral N reproduce themselves intensively at a large scale of temperature (4–25 °C) and of humidity (40–80%).

2. Ammonification is the highest — independent of temperature — at a relatively high degree of humidity (60–80%). The ammonification of urea goes on during the whole year. The activity of nitrification increases gradually with the rise in temperature (4–25 °C) in all types of soil. The nitrification of ammonium salts is the highest when they are getting into a soil with a relative high temperature.

3. The biological immobilization of available N-compounds (originating from the soil as well as from fertilizers) is the most intensive at low temperatures. Applying the N-fertilizers in autumn or winter there is no danger of leaching of the N under Bulgarian conditions because of the strong biological immobilisation and the low activity of nitrification.

4. The activity of invertase and catalase increases with the rise in temperature and with the quantity of plant residues worked into the soil. The activity of urease varies only slightly with the changes in temperature and humidity. The latter process is responsible for the slow and continuous mineralization of urea during the whole year.

Table 1. Important physical and chemical characteristics of the investigated soils. (1) Soil type: a) chernozem; b) smolnitza; c) pseudopodzolic brown soil; d) grey forest soil. (2) Silt fractions. (3) Physical clay. (4) Humus. (5) Total N and P, %.

Table 2. Changes in the quantity of bacteria utilizing the organic and mineral N-sources of a pseudopodzolic brown soil influenced by fertilization, degree of humidity and changes in temperature (million/g soil). (1) Variants and duration of the investigation (days): A) untreated; B) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{P} + \text{K}$ (fertilizer doses: 180 kg N/ha, 140 kg P_2O_5 /ha, 120 kg KCl/ha; C) Urea + P + K; a) Mean. (2) Water capacity, %. The numerator of the fraction gives the number of bacteria utilizing the mineral N, the denominator that of ammonifying bacteria.

Table 3. Coefficient of mineralization (ratio of the number of bacteria utilizing the organic N-sources and of those utilizing the mineral N-sources). (1) Water capacity (%) and temperature (°C). (2) Calcareous chernozem. (3) Pseudopodzolic brown soil. (4) Variants.

Table 4. Biomass of bacteria in the chernozem soil (kg/ha). (1) Variants and water capacity (%). For signs A)–C) look under Table 2. (2) Biomass of bacteria. (3) N-, P- and K-content of the biomass.

Table 5. Immobilization of nitrogen as influenced by the humidity (in % of the N-content of the soil and of the fertilizer) (1) Soil type: a) Calcareous chernozem; b) Leached chernozem; c) Leached brown soil; d) Light grey forest soil. (2) Water capacity, %. For signs A)–C) look under Table 2.

Table 6. Immobilization of nitrogen as influenced by the soil temperature (in % of the N-content of the soil and the fertilizer). (1) Soil type: a) Calcareous chernozem; b) Pseudopodzolic brown soil. (2) Temperature (°C). For signs A)–B) look under Table 2.

Fig. 1. Effect of soil temperature and degree of soil humidity on the ammonification and nitrification processes in the soil. Maximal water capacity: I. 40%. II. 60%; III. 80%. Abscisse: number of days.

Fig. 2. Activity of catalase, urease and invertase under different temperature and humidity conditions. Maximal water capacity: A) 40%; B) 60–80%. a) Invertase; b) Urease; c) Catalase. Variants: I. NPK; II. NPK + straw; III. NPK + alfalfa hay.

Über die Wirkung der mineralischen Nährstoffe auf die Mikroflora des Bodens

Z. WOJNOWA-RAJKOWA

Institut für Bodenkunde und Ertragsprogrammierung „Puschkarow“, Sofia (Bulgarien)

Zusammenfassung

1. Bei Anwendung von Mineraldüngern muss mit der Änderung der Menge und Zusammensetzung der Bodenmikroorganismen in Abhängigkeit von Temperatur und Feuchtigkeit gerechnet werden. Die Anzahl der Mikroorganismen, welche die Mineralisation des Stickstoffes fördern, steigt am meisten bei 15 °C und 60% Feuchtigkeitsgehalt an, diejenigen Mikroorganismen hingegen, die an der Immobilisation des Stickstoffes

teilnehmen, vermehren sich intensiv zwischen weiten Temperatur- (4–25 °C) und Feuchtigkeitsgrenzen (40–80%).

2. Die Ammonifizierung ist unabhängig von der Temperatur bei relativ hohem Feuchtigkeitsgehalt (60–80%) am stärksten. Der Harnstoff wird das ganze Jahr hindurch ammonifiziert. Die Nitrifizierung nimmt mit dem Anstieg der Temperatur (4–25 °C) in allen Bodentypen stufenweise zu. Die Nitrifizierung der Ammoniumsalze geht dann am stärksten vor sich, wenn die Salze in relativ warme Böden eingearbeitet werden.

3. Die biologische Immobilisation der aufnehmbaren (sowohl aus dem Boden, wie auch aus den Mineraldüngern stammenden) Stickstoffverbindungen ist bei geringen Temperaturen am intensivsten. Die Gefahr einer Auslaugung der im Herbst oder im Winter angewendeten N-Mineraldünger besteht unter den bulgarischen Klimaverhältnissen infolge der starken biologischen Immobilisation, sowie der niedrigen Nitrifikationsaktivität nicht.

4. Die Aktivität der Invertase und Katalase nimmt mit dem Anstieg der Temperatur und mit der Menge der in den Boden gelangenden Pflanzenreste zu. Die Ureaseaktivität ändert sich in der Funktion der Temperatur sowie des Feuchtigkeitsgehaltes nur schwach. Damit kann die ständige, das ganze Jahr hindurch andauernde Mineralisation des Harnstoffes erklärt werden.

Tab. 1. Die wichtigsten physikalischen und chemischen Kennzahlen der untersuchten Böden. (1) Bodentyp: a) Tschernosjom; b) Smolnitza; c) Pseudopodsol Braunerde; d) Grauer Waldboden; (2) Abschlämmbare Teilchen. (3) Physikalischer Ton. (4) Humus. (5) Gesamter N-, bzw P-Gehalt, %.

Tab. 2. Mengenveränderung der die organischen und mineralischen N-Quellen nutzenden Bakterien in der Pseudopodsol-Braunerde unter Einwirkung von Düngung, Feuchte und Temperatur (Millionen/g Boden). (1) Variante und Dauer der Untersuchung (in Tagen): A) Ungedüngt; B) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{P} + \text{K}$ (Düngergaben: 180 kg N/ha, 140 kg P_2O_5 /ha, 120 kg KCl/ha); C) Harnstoff + P + K; a) Mittelwert. (2) Wasserkapazität, %. Im Zähler der Brüche ist die Anzahl der mineralischen N nutzenden Bakterien, im Nenner die Anzahl der ammonifizierenden Bakterien angegeben.

Tab. 3. Mineralisationskoeffizient (Verhältnis der Anzahl der die organischen N-Quellen nutzenden Bakterien zu derjenigen der die mineralischen N-Quellen nutzenden Bakterien). (1) Wasserkapazität (%) und Temperatur (°C). (2) Karbonathaltiger Tschernosjom. (3) Pseudopodsol-Braunerde. (4) Varianten.

Tab. 4. Biomasse der Bakterien im Tschernosjomboden, kg/ha. (1) Varianten und Wasserkapazität (%). A)–C): s. unter Tab. 2. (2) Bakterielle Biomasse. (3) N-, P- und K-Gehalt der Biomasse.

Tab. 5. Immobilisation des Stickstoffes auf Einfluss der Bodenfeuchte (angegeben in % des Boden-, sowie Mineraldüngerstickstoffes). (1) Bodentyp: a) Karbonathaltiger Tschernosjom; b) ausgelaugter Tschernosjom; c) ausgelaugte Braunerde; d) hellgrauer Waldboden. (2) Wasserkapazität (%). Die Varianten A)–C) s. unter Tab. 2.

Tab. 6. Immobilisation des Stickstoffes auf Einfluss der Bodentemperatur (angegeben in % des Boden-, sowie Mineraldüngerstickstoffes). (1) Bodentyp: a) Karbonathaltiger Tschernosjom; b) Pseudopodsol-Braunerde. (2) Temperatur (°C). Die Varianten A)–B) s. unter Tab. 2.

Abb. 1. Einfluss der Bodentemperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes auf die Ammonifizierung und Nitrifizierung im Boden. Maximale Wasserkapazität: I. 40%; II. 60%; III. 80%. Abszisse: Anzahl der Tage.

Abb. 2. Aktivität der Katalase, Urease und Invertase unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen. A) Maximale Wasserkapazität 40%; B) 60–80%. a) Invertase; b) Urease; c) Katalase. Varianten: I. NPK; II. NPK + Stroh; III. NPK + Luzernenheu.

Влияние внесения минеральных удобрений на почвенную микрофлору

Ж. ВОЙНОВА-РАЙКОВА

Институт почвоведения и программирования урожаев им. Н. Пушкирова, София (Болгария)

Резюме

1. При внесении минеральных удобрений в зависимости от температуры и влажности почвы изменяется состав и количество почвенных микроорганизмов. Оптимальное развитие микрофлоры, связанной с процессами минерализации, проходит при температуре 15°C и влажности почвы 60% ПВ. Микроорганизмы, принимающие участие в иммобилизации минералогического азота, интенсивно развиваются и в более широких интервалах температуры (4—25°C) и влажности (40—80%).

2. Аммонифицирующая активность увеличивается при относительно высокой влажности почв (60—80% ПВ) независимо от температуры. Аммонификация мочевины проходит круглый год. Нитрифицирующая активность во всех почвах непрерывно увеличивается с повышением температуры от 4 до 25°C. Условия для нитрификации аммиачных удобрений создаются в том случае, если их вносят при более высоких температурах.

3. Биологическая иммобилизация усвояемого азота (как почвы, так и минерального удобрения) проходит интенсивнее в условиях более низких температур. В почвенно-климатических условиях Болгарии при осеннем и зимнем внесении азотных удобрений нет опасности вымывания азота из-за усиленной биологической иммобилизации и сниженной активности нитрификации.

4. Инвертазная и каталазная активности увеличиваются с повышением температуры и с увеличением содержания в почве растительных остатков. Уреазная активность под влиянием температуры и влажности почвы изменяется слабо, что подтверждает возможность минерализации мочевины круглый год.

Табл. 1. Основные физические и химические свойства изученных почв. (1) Тип почвы: а) Чернозем; б) Смольница; в) Псевдоподзолистая бурая почва; д) Серая лесная почва. (2) Содержание н.л. (3) Физический песок. (4) Гумус. (5) Общий азот и фосфор %.

Табл. 2. Изменение количества бактерий, использующих органические и минеральные источники азота в псевдоподзолистой бурой почве под влиянием внесения удобрений, влажности и изменения температуры (°C), в миллионах на грамм почвы. (1) Вариант и время исследования в днях: А) Без внесения минеральных удобрений; В) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{P} + \text{K}$ в дозах: азот 180 кг/га, P_2O_5 140 кг/га, KCl 120 кг/га; С) Мочевина + $\text{P} + \text{K}$; а) Среднее. (2) Влагоемкость %. В числителе — количество бактерий, использующих минеральный азот, в знаменателе — число аммонифицирующих бактерий.

Табл. 3. Коэффициент минерализации (соотношение бактерий, использующих органические и минеральные источники азота). (1) Влажность в % от влагоемкости и температура °C. (2) Карбонатный чернозем. (3) Псевдоподзолистая бурая почва. (4) Варианты.

Табл. 4. Бактериальная биомасса в черноземной почве (кг/га). (1) Варианты и влажность в % от влагоемкости. А — С смотри в таблице 2. (2) Бактериальная биомасса. (3) Содержание азота, фосфора и калия в биомассе.

Табл. 5. Иммобилизация азота под влиянием влажности (в % от азота почвы и минерального удобрения). (1) Тип почвы: а) Карбонатный чернозем; б) Выщелоченный чернозем; в) Выщелоченная бурая почва; д) Светлосерая лесная почва. (2) Влажность в % от влагоемкости. Обозначения А — С смотри в таблице 2.

Табл. 6. Иммобилизация азота под влиянием температуры (в % от азота почвы и минерального удобрения). (1) Тип почвы: а) Карбонатный чернозем; б) Бурая подзолистая (псевдоподзолистая) почва. (2) Температура в °C. Варианты А — С смотри в таблице 2.

Рис. 1. Влияние температуры и влажности на процессы аммонификации и нитрификации в почве. Влажность в % от максимальной влагоемкости: I. 40%. II. 60%. III. 80%. По горизонтальной оси: число дней.

Рис. 2. Каталазная, уреазная и инвертазная активности при различных температурах и влажностях. А) 40% от максимальной влагоемкости. В) 60—80%. а) Инвертаза. б) Уреаза. в) Каталаза. Варианты: I. NPK. II. NPK + солома. III. NPK + сено люцерны.